

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：シームレスアクセス要素技術の研究開発

1-a) アクセス伝送技術に関する研究開発（早稲田大学）

無線伝送に関して、地上設備と地上移動車両との10Gbps 級に必要な要素技術の評価・改良を実施した。100GHz 帯を用いた長距離無線伝送実験をおこない課題を抽出し計算機シミュレーションも合わせて、地上伝搬特性と周波数領域等化に関して評価を行い、改良を実施した。

マルチモード光ファイバ伝送に関して、周波数特性の時間変動を外部からの機械的な外乱を受ける動的な条件において、ファイバ長 1km に対応する伝送技術の評価・改良を行った。光ファイバ伝送の評価に必要な広帯域信号発生・高速測定システム(中心周波数 12.0GHz、帯域幅 20GHz、高速：16.3G symbol/s) の構築を完了し、目標の掃引光信号源の性能としては、中心周波数 12.0GHz、帯域幅 10GHz 以上、掃引周期 0.5 μ s 以下(掃引速度 20PHz/s 以上) の実現を確認した。マルチキャリア方式による伝送機能も確認し、伝送速度 10Gb/s 可能なマルチモード光ファイバ伝送技術の具体化検討を行った。

1-b) ハイパワーテラヘルツデバイス技術に関する研究開発（三菱電機）

100GHz で 10W の出力を可能とする GaN トランジスタのため、高周波動作化に対応中。トランジスタの高周波動作化に関して、EB 描画によるゲート長 80nm 以下の Y 型短ゲート構造の試作を実施し、最大ドレイン電流密度で 1.5A/mm、最大相互コンダクタンスは 500mS/mm 以上、 $f_T > 80$ GHz の電気特性が得られることを確認した。また、フィルムレジストを活用した中空構造を試作し、トランジスタ部は高さ約 12 μ m の中空構造に埋め込まれ、ウエハ裏面プロセス(薄板化、V/H 形成、裏面電極形成)、ダイシング工程後も、チップ欠けや樹脂フィルム浮きが生じない良好な構造が得られることを確認した。

また、低ダメージで加工制御性が高い GaN 微細エッチング装置(ALE: Atomic Layer Etching)方式の装置については、2024 年 11 月に装置本体/付帯設備の搬入が完了し、2025 年3月にメーカーによる装置立ち上げが完了した。

1-c) 大容量通信デバイスに関する研究開発（立命館大学）

基板での電力合成における合成出力電力の計算手法を明確化するとともに、ワイヤボンディングおよび Y 型線路分岐合成回路の損失をシミュレーションにて試算した。この結果、研究開発項目 1-b)における目標性能のトランジスタが実現できれば、8 合成または 16 合成の基板での電力合成により、100GHz 帯にて 10W 級の合成出力が得られる見通しを確認した。さらに、電力合成基板 TEG を試作し、100GHz 帯での合成回路の実測にも着手した。また、空間電力合成手法の検討を進め、上記の基板による電力合成と口径 1m のカセグレンアンテナの組み合わせ、および 17 個の各アレイフィードに個々にアンプを接続した空間電力合成構成により、10W アンプを単一フィードに接続した場合と同等あるいは同等以上の EIRP が得られる試算結果を得た。

研究開発項目2：シームレスアクセスネットワークに関する研究開発

2-a) 有無線ネットワーク制御技術に関する研究開発（名古屋工業大学）

光ファイバネットワーク内に大容量固定無線を組み込んだ有無線ネットワークの実機フィールド検証行なうためのネットワーク構成案を検討し課題抽出を実施した。現状システムからミリ波無線機実機の構成容易性を高めるため、ミリ波帯無線を外部制御するための REST API 構築に着手し一部実装を完了した。またオーケストレータ機能の外部装置化を実施し、REST API による制御フローを構築、ミリ波無線テレメトリデータの送受信を実現した。また、高速なネットワーク切替を実現するため、実機ネットワーク構成を模したシミュレーション環境を構築し、スループット・遅延等の数値解析と 1 秒以内での切替制御を実施した。一般的に用いられる OSPF (Open Shortest Path First) によるルーティング方式の有無線ネットワークへの適用可否を検証し無線リンク障害時の自動切り替えが困

難であることを明らかとした。ルーティングアルゴリズムの課題抽出を行い、10 ミリ秒以内の切替制御を実現しうる MPLS を基盤としたアルゴリズム実装に着手した。

2-b) 高信頼通信ネットワークに関する研究開発（電力中央研究所）

電力設備の周辺で広帯域無線の利用を想定すると、テラヘルツ波の電波伝搬路に電線が入る状況が想定されるため、電線の影響を把握する必要がある。NICT テストベット（テラヘルツ帯対応電波暗室）を用いた測定を実施すると共に、電線による損失を求める理論計算や簡易算出手法の検討を行い、電力設備周辺でのテラヘルツ波の利用の際に不可欠な回線設計に有用な知見を得た。

また、信頼度（不稼働率）を計算する際の既存の電力用通信ネットワークのモデルを用い複数のシナリオで計算を行い、広帯域無線の効果的な利用方法の検討を進めた。

光ファイバ給電に関しては連続して10Wの電源供給が可能なシステムを試作した。アンテナ取り付け箇所の揺れに関しては、文献や専門家へのヒアリングを実施した。標準化活動としては、IEC 61850（通信プロトコル）、IEC 61970-301（共通情報モデル CIM）への提案を継続的に実施した。

2-c) 鉄道インフラ監視システムに関する研究開発（鉄道総合技術研究所）

鉄道用デジタルメンテナンス基盤におけるデータ伝送ネットワークでは、列車の運行に関わる制御情報とメンテナンスに関わる情報のように、優先度の異なる複数のデータが混在するネットワークの車上と地上間伝送を対象にしたシミュレーションモデルを構築して、車上局が移動した場合の機能検証を実施し、提案した機能の有効性を示した。また、昨年度試作した高機能ルータを用いて、走行中の車上と地上間における機能検証を実施し、回線切替機能が仕様通り動作し、データ到達率が改善することを確認した。さらに、各種情報を車上で集約し、それらの情報に基づき列車が自律的に運行を行う列車の走行試験に本高機能ルータを活用し、伝送断による緊急停止することなく自律的に列車が走行できることを確認した。

各種データを集約するデータプラットフォームにおいては、動画等の大容量データをサーバで管理するためのデータフォーマットを改修し、プラットフォーム内のデータと動画が連携してメンテナンスに活用するアプリケーションが所望の動作を確認した。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目1：シームレスアクセス要素技術の研究開発

高信頼シームレスアクセスネットワークにおける無線および有線通信とアクセス伝送に関する要素技術、ハイパワーテラヘルツデバイス、大容量通信デバイスの研究開発を行い、システムの要素技術を完成させる。2025 年度には試作したデバイスを用いた検証を行う。

研究開発項目2：シームレスアクセスネットワークに関する研究開発

高信頼シームレスアクセスネットワークにおける、無線および有線ネットワークの統合制御技術、高信頼ネットワーク技術、監視技術の各システム技術の研究開発を行い、設定したユースケースで機能の実証を行う。2025 年度にはハイパワーテラヘルツ無線通信を用いた検証および鉄道および電力インフラを想定した機能の実証を行う。